

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑯ DE 198 53 333 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
F 16 D 48/06  
B 60 K 23/02

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 198 53 333.0  
⑯ ⑯ Anmeldetag: 19. 11. 98  
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 2. 6. 99

⑯ ⑯ Innere Priorität:  
197 53 075. 3 29. 11. 97

⑯ ⑯ Anmelder:  
LuK Getriebe-Systeme GmbH, 77815 Bühl, DE

⑯ ⑯ Erfinder:  
Berger, Reinhard, Dr., 77815 Bühl, DE; Vornehm,  
Martin, 77815 Bühl, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ ⑯ Kupplung

⑯ ⑯ Verfahren und Vorrichtung zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels eines Antriebes betätigbaren Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels eines Aktors, insbesondere Elektromotors, betätigten automatisierten Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.

Automatisierte Kupplungen gewinnen in jüngerer Zeit zunehmendes Interesse. In Verbindung mit Handschaltgetrieben oder automatisierten Schaltgetrieben führen solche Kupplungen zu erheblichen Verbesserung des Bedienungskomforts. Zusätzlich wird eine Verbrauchssenkung erreicht, da wegen des geringeren mit einem Gangwechsel verbundenen Aufwandes häufiger in einem verbrauchsgünstigen Gang gefahren wird. In Verbindung mit automatisierten Handschaltgetrieben wird mit solchen Kupplungen der Komfort herkömmlicher Automatikgetriebe erreicht, ohne daß diese Komfortsteigerung mit einer Verbrauchserhöhung verbunden ist, wie das im allgemeinen bei konventionellen Automatgetrieben mit hydrodynamischen Drehmomentwandlern der Fall ist.

Automatisierte Kupplungen haben zwar einen hohen Entwicklungsstand erreicht und sind außerordentlich zuverlässig. Dennoch kommt einer komfortablen Überwachung ihrer Funktionssicherheit in Betrieb und bei einer Diagnose im Kundendienstfall hohe Bedeutung zu.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels eines Aktors betätigten Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, anzugeben, mittels dessen Fehlfunktionen sicher und ohne großen Zusatzaufwand erkannt werden können. Der Erfindung liegt weiter die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens zu schaffen.

Der Anspruch 1 ist auf ein erstes Verfahren gerichtet, mit dem die Erfindungsaufgabe Aufgabe gelöst wird. Anspruch 2 ist auf ein Verfahren gerichtet, mit dem die Erfindungsaufgabe ebenso gelöst wird. Dadurch, daß eine Größe, wie die Pulsweite, und eine geometrische Größe des von dem Elektromotor bewegten Bauteils zum Erkennen von Fehlfunktionen herangezogen werden, sind keine zusätzlichen Sensoren erforderlich, sondern lassen sich Fehlfunktionen durch reine Softwareroutine erkennen, die in einem Steuergerät zur Steuerung der automatisierten Kupplung abgelegt oder bei einer Diagnose dem Steuergerät mittels eines Diagnosegerätes von außen eingegeben werden.

Der Anspruch 3 ist auf ein erstes Verfahren gerichtet, mit dem die Erfindungsaufgabe gelöst wird. Dadurch, daß die Pulsweite und eine geometrische Größe des von dem Elektromotor bewegten Bauteils zum Erkennen von Fehlfunktionen herangezogen werden, sind keine zusätzlichen Sensoren erforderlich, sondern lassen sich Fehlfunktionen durch reine Softwareroutine erkennen, die in einem Steuergerät zur Steuerung der automatisierten Kupplung abgelegt oder bei einer Diagnose dem Steuergerät mittels eines Diagnosegerätes von außen eingegeben werden.

Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3 wird durch die Merkmale der Ansprüche 4 bis 7 in vorteilhafter Weise weitergebildet.

Mit dem vorbeschriebenen Verfahren können Fehlfunktionen diagnostiziert werden, wie Überlastung des Elektromotors infolge einer Schwergängigkeit im Übertragungsweg vom Elektromotor zur Kupplung, ein fehlerhafter Kupplungsanschlag, eine gebrochene Kompensationsfeder usw.

Der Anspruch 8 kennzeichnet ein zweites Verfahren zur Lösung der Erfindungsaufgabe. Mit diesem Verfahren läßt

sich beispielsweise ein fehlerhafter Anschlag erkennen, der auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen sein kann.

Der Anspruch 9 kennzeichnet ein drittes Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, mit dem beispielsweise eine Sollwertvorgabe selbsttätig adaptiert werden kann.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 10 wird die Genaugigkeit und Flexibilität der erfindungsgemäßen Verfahren verbessert.

10 Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn als ermitteltes Steuersignal ein von einer Steuereinheit bestimmtes und/oder vorgegebenes Soll-Steuersignal ist.

Der Anspruch 112 kennzeichnet den grundsätzlichen Aufbau einer Vorrichtung zum Durchführen der erfindungsgemäßen Verfahren. Dabei werden die Verfahren in die Vorrichtung durch Programmieren der bei Mikroprozessoren bekannten Programmspeicher implementiert.

Die Erfindung wird im folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielweise und mit weiteren Einzelheiten erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1 ein Schema einer mittels eines Aktors betätigten Kupplung,

Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Steuerung des Aktors der Fig. 1,

25 Fig. 3 einen im Aktor der Fig. 1 enthaltenen Wegsensor, Fig. 3a eine Darstellung eines Aktors mit Wegsensor, Fig. 4 eine Schaltung zur Ansteuerung eines im Aktor der Fig. 1 enthaltenen Elektromotors, und

Fig. 5 Kennlinien eines im Aktor der Fig. 1 enthaltenen Elektromotors.

Fig. 6 ein Diagramm,

Fig. 7 ein Diagramm und

Fig. 8 ein Blockschaltbild.

35 Gemäß Fig. 1 enthält ein insgesamt mit 18 bezeichneter Aktor, wie Betätigungsseinheit, einen Elektromotor 20, der über ein Schneckengetriebe 22 einen Kurbeltrieb 24 antreibt, aus dem eine linear geführte Kurbelstange 26 herausragt, die mit einer Kolbenstange 28 verbunden ist, welche zum Kolben 30 eines Geberzylinders 32 gehört. Zur Temperaturüberwachung des Elektromotors 20 ist ein Temperatursensor 33 vorgesehen.

Die Temperatur des Elektromotors kann in einem anderen Ausführungsbeispiel auch statt mit dem Sensor 33, durch die Steuereinheit der automatisiert betätigten Kupplung mittels eines implementierten mathematischen Modells ermittelt oder berechnet werden, wobei als Eingangsgrößen beispielsweise einzelne Größen der folgenden Größen verwendbar sind um die Temperatur des Aktors oder Elektromotors zu berechnen: die elektrischen Ströme, Spannungen und Leistungen, sowie die thermischen Ströme, Zu- und Abflüsse und Wärmekapazitäten, sowie Drehzahlen und Drehmomente. Mittels eines Modells, welches einen thermischen Zufluß, eine Speicherung von Energie und einen Abfluß von Energie berücksichtigt, kann jederzeit die Temperatur des Aktors oder Elektromotors anhand eines Modells berechnet werden.

Die Drehstellung und/oder die Drehzahl des Elektromotors 20 und damit die Stellung/Geschwindigkeit des Kolbens 30 wird mittels zumindest eines Sensors 34 erfaßt, der beispielsweise als Inkrementalsensor ausgebildet ist und bei einer Drehung der mit der Antriebswelle des Elektromotors 20 verbundenen Schnecke um jeweils einen vorbestimmten Winkelbetrag einen Impuls abgibt. Der Sensor kann auch als analoger Sensor, wie beispielsweise Hall-Effektsensor, Potentiometer, Induktionssensor, Tauchspulensensor oder der gleichen ausgebildet sein, der bei einer Verschiebung des Kolbens ein analoges Positionssignal liefert. Ebenso kann dem analogen Sensor ein Analog-Digital-Wandler und/oder

ein Mikroprozessor (ASIC) nachgeordnet sein, wobei diese auch als Baueinheit ausgebildet sein können. Der Sensor kann somit auch als Absolutwegsensor ausgebildet sein.

Der Geberzylinder 32 ist über eine Leitung 35 mit einem Nehmerzylinder 36 verbunden, in dem ein Kolben 38 arbeitet, dessen Kolbenstange 40 das Betätigungsglied 42 einer Kupplung 44 betätigt. Die Kupplung 44 befindet sich im nicht dargestellten Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen dem Antriebsmotor und dem Schaltgetriebe, wobei das Schaltgetriebe von Hand geschaltet sein kann oder ebenfalls automatisiert sein kann. Die Kupplung kann eine gezogene Kupplung oder in einem anderen Ausführungsbeispiel vorteilhaft eine gedrückte Kupplung sein. Die Kupplung kann ebenso eine Kupplung mit Verschleißausgleich oder Verschleißnachstellung und Ausrückkraftreduzierung sein. Diese Kupplungen stellen den Arbeitspunkt im Laufe der Lebensdauer nach, so daß der sich bildende Verschleiß nachgestellt wird und somit die benötigten Kräfte bei der Betätigung der Kupplung über die Lebensdauer der Kupplung im wesentlichen gleich sind oder sich nur geringfügig ändern.

In den Kolben 30 ist ein Rückschlagventil 46 integriert. Die Wand des Geberzylinders 32 weist eine Schnüffelbohrung 47 auf, die mit einem Vorratsbehälter 48 für Hydraulikfluid verbunden ist. Zur Entlastung und/oder Unterstützung des Elektromotors 20 von Betätigungskräften der Kupplung 44, wie der Kupplungsrückstellfeder, ist im Aktor 18 eine Entlastungs- bzw. Kompensationsfeder 49 vorgesehen.

Fig. 2 zeigt in einem Blockschaltbild die Ansteuerung des Elektromotors 20. Der Elektromotor 20 ist über eine Endstufe 50 mit einem Steuengerät 52 verbunden, das einen Mikroprozessor 54 mit integriertem Arbeitsspeicher sowie einen Programmspeicher 56 und Eingabe/Ausgabe-Interfaces 58 aufweist. Das Steuengerät weist mehrere Eingänge 60 auf, an die die Sensoren 33 und 34 sowie weitere Sensoren angeschlossen sind.

Ein Teil der Elektronik des Steuengerätes kann als Lagerregler ausgebildet sein, welcher die vorgegebene Position der Kupplungsbetätigung einregelt. Dieser Lagerregler kann in einem anderen Ausführungsbeispiel in dem Steuerprogramm zur Steuerung der Kupplungsbetätigung implementiert sein.

Zur Regelung oder Steuerung der Position des Ausgangselementes des Aktors, wie des Geberzylinderkolbens ist innerhalb des Steuengeräts 52 ein Lageregler implementiert. Dieser Lageregler ist als Hardware oder vorzugsweise als Software realisiert und steuert oder regelt die Einrückposition der Kupplung.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Sensors 34. Mit der Antriebswelle 62 des Elektromotors 20 ist ein Polrad 64 drehfest verbunden, das längs seines Außenumfangs abwechselnd gepolte Magnetpole aufweist. Diese Magnetpole bewegen sich an einem Spulenelement 66 vorbei, das an seinen Anschlüssen 68 jedes Mal einen Spannungsimpuls liefert, wenn sich ein Pol an ihm vorbeibewegt.

Fig. 3a zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Positionssensors 214, welcher innerhalb des Aktors 213 angeordnet ist. Der Aktor besteht im wesentlichen aus dem Antriebsmotor, wie Elektromotor 212, dem Schneckenzahnrad 222, der Schubkurbel 224, dem Geberzylinderkolben 225 und dem Geberzylinder 211. Der Elektromotor 212 treibt eine nicht dargestellte Schnecke an, welche das Schneckenzahnrad 222 kämmt und antreibt. An dem Schneckenzahnrad 222 ist die Kurbelstange 224 an einem Zapfen angelehnt. Durch die Drehung des Schneckenzahnrades 222 wird die Kurbelstange axial verlagert und bewegt somit den Geberzylinderkolben. Weiterhin ist ein Kraftspeicher 226, wie Feder, innerhalb des Geberzylinders angeordnet, zur Unter-

stützung des Elektromotors 212. Der Geberzylinder verfügt weiterhin über eine Verbindung 250, mit Öffnung 251, zu einem Fluidreservoir. Der Sensor 214 weist ein bewegbares Element 214a auf, welches über einen Zapfen mit den Zahnrad 222 verbunden ist, so daß das Element 214a bei einer Bewegung des Zahnrades axial verlagert wird. Dadurch wird ein Element in einer Tauchspule 214b verlagert und es wird ein Signal generiert, das der Stellung des Elementes 214a entspricht.

Fig. 4 zeigt schematisch die Schaltung einer Endstufe 50 zum Ansteuern des Elektromotors 20. Vier Transistoren 70, 72, 74 und 76 sind in einer Brückenschaltung derart mit dem Elektromotor 20 verbunden, daß der Elektromotor 20 je nach Schaltzustand der vom Steuengerät 52 angesteuerten Transistoren in der einen oder der anderen Richtung an der Spannungsquelle 78 liegt oder der Elektromotor von der Spannungsquelle getrennt ist. Somit kann vom Steuengerät 52 her sowohl die Drehrichtung als auch, durch Pulsweitenmodulation der dem Elektromotor 20 zugeführten Spannungsimpulse, die Spannungsversorgung des Elektromotors 20 gesteuert werden. Mittels eines Strommeßwiderstandes 80 kann der Strom und dessen Durchflußrichtung durch den Elektromotor 20 gemessen werden.

Der Aufbau der beschriebenen Bauteile sowie deren Zusammenwirken ist bekannt und wird daher nicht näher erläutert.

Für die Betriebssicherheit einer automatisierten Kupplung der beschriebenen Bauart ist es erforderlich, unterschiedlichste Störungen an Bord eines Fahrzeugs oder bei einer Diagnose in einer Kundendienstwerkstatt auf einfacher Weise sicher erkennen zu können.

Die gleichzeitige Auswertung des den Elektromotor 20 ansteuernden PWM-Signals und der mit Hilfe des Sensors 34 erfolgenden Wegmessung läßt Rückschlüsse auf das vom Elektromotor 20 abgegebene Moment zu und stellt deshalb eine Möglichkeit zur Überlasterkennung dar. Weiter läßt sich durch diese Signalauswertung der Kupplungsanschlag erkennen, wobei die Steuerung ggf. vor einer Abschaltung des Elektromotors 20 infolge Überlastung reagieren kann.

Der als Gleichstrommotor ausgebildete Elektromotor 20 hat üblicherweise eine mit der Drehzahl linear abfallende Momentenkennlinie, wie in Fig. 5 durch die durchgehend eingezeichnete Gerade dargestellt, die die maximale Leistung (100% PWM) des Elektromotors bei einer Temperatur  $T_1$  darstellt. Wird die Pulsweite reduziert, wie beispielsweise auf die Hälfte halbiert (50% PWM), so verschicht sich die durchgehend eingezeichnete Gerade im wesentlichen im gleichen Verhältnis zu der gestrichelt eingezeichneten Geraden parallel hin zu geringeren Leistungen, da die Reduzierung der Pulsweite auch im wesentlichen eine Reduzierung der effektiven Spannung bedeutet.

Der Zusammenhang zwischen dem PWM-Signal und der effektiven Spannung  $U_{eff}$  ist in erster Näherung im wesentlichen linear.

Bei einer Temperaturänderung ändert sich die Neigung der Geraden, wie durch die strichpunktierte Gerade dargestellt, die die Abhängigkeit der Drehzahl  $n$  vom abgegebenen Moment  $M$  bei 100% Pulsweite und einer Temperatur  $T_2$  zeigt, die höher ist als die Temperatur  $T_1$ .

Die Drehzahl  $n$  kann unmittelbar aus dem Signal des Sensors 34 hergeleitet werden. Die Pulsweite des PWM-Signals kann im Steuengerät 52 ermittelt werden. Die Temperatur des Elektromotors 20 wird mittels des Sensors 33 erfaßt. Ist ein Sensor 33 nicht vorhanden, kann die Temperatur des Elektromotors mittels eines mathematischen Modells errechnet werden, das innerhalb des Steuengeräts implementiert ist. Die Temperatur liegt somit innerhalb des Steuengeräts als Datensatz vor.

Die Fig. 6 zeigt ein Diagramm, in welchem der Strom  $I$  des Elektromotors über dem Drehmoment  $M$  aufgetragen ist. Die Kurve 101 und die Kurve 102 stellen Stromkurven als Funktion des Drehmomentes dar, die bei verschiedenen Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  aufgenommen sind. Die Kurve 101 ist bei einer höheren Temperatur  $T_2$  aufgenommen als die Kurve 102 bei der Temperatur  $T_1$ . Die Kurven Strom als Funktion des Drehmomentes ändern sich somit als Funktion der Temperatur.

Die Fig. 7 zeigt ein Diagramm, in welchem das Lastmoment  $M_{\text{last}}$  des Elektromotors oder des Antriebs der automatisiert betätigten Kupplung als Funktion des Betätigungswege dargestellt ist. Der Betätigungswege ist dabei als Ankerwinkel  $\varphi_{\text{Anker}}$  dargestellt, wobei auch der Betätigungswege in Millimetern dargestellt sein könnte. Der Ankerwinkel ist nur eine Darstellungsvariante, wobei zwischen dem Winkel und dem Weg ein Umrechnungsfaktor liegt. Die Kurve 110 zeigt den Verlauf für einen Aktor ohne Kompensation und die Kurve 111 zeigt einen Verlauf mit Kompensation. Die Kompensation erfolgt in dem Ausführungsbeispiel durch einen Kraftspeicher, der derart angeordnet ist, um den Elektromotor zumindest in einem Teilbereich des Betätigungswege zu unterstützen. Durch die Wirkung der Kompensationsfeder wird die Kennlinie des Verlaufes 111 in Richtung der y-Achse verschoben und es erfolgt eine Verteilung der Last  $M_{\text{last}}$  des Motors, so daß dieser in einem Teilbereich zieht und in einem anderen Teilbereich drückt, wobei das Drehmomentniveau jedoch insgesamt reduziert ist.

Die Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild 300, in welchem die Blöcke der Kupplungssteuerung 301, des Lagerreglers 302, des Speichers 303, der Fehlererkennung 304 und des Elektromotors 305 dargestellt sind. Die Blöcke 301 bis 304 können innerhalb des Steuergerätes implementiert sein oder als Einzelgruppen implementiert sein. Die Steuerung 301, der Lagerregler 302, sowie die Fehlererkennung 304 können jeweils als Hardware oder Software innerhalb des Steuergerätes realisiert sein. Die Speicherung erfolgt in einem E<sup>2</sup>PROM. Der Elektromotor 305 betätigt beispielsweise über ein nicht dargestelltes nachgeschaltetes Getriebe die Kupplung automatisiert.

Die Kupplungssteuerung 301 erhält eine Reihe von Eingangssignalen 306, wie von Sensoren oder anderen Elektronikeinheiten, wie beispielsweise von der Motorsteuerung, einer ABS-Steuereinheit und/oder anderen Einheiten. Die Kupplungssteuerung 301 berechnet anhand dieser Daten die Kupplungs-Sollposition  $K_{\text{SOLLPOS}}$  (307), die über den Ausgang an den Lagerregler 302 und an die Fehlererkennung 303 weitergegeben wird. Der Lagerregler 302 ist als PID-Regler oder als anderer Regler aufgebaut. Der Lagerregler steuert oder regelt anhand der Kupplungs-Sollposition  $K_{\text{SOLLPOS}}$  und der Kupplungs-Istposition  $K_{\text{ISTPOS}}$ , die er über einen Sensor erhält, die Kupplungsposition oder das von der Kupplung übertragbare Drehmoment ein. Durch die Regelabweichung zwischen Sollposition und Istposition wird die aktuelle Position auf die vorgebbare Position geregelt.

Als Eingangssignale liegt beispielsweise zumindest einer der folgenden Signale vor: Motordrehzahl, Getriebedrehzahl, Gaspedalstellung, Drosselklappenstellung, Gangbelstellung, Getriebegangposition, Motormoment, übertragbares Kupplungsmoment, Kupplungseinrückposition, etc.

Die Kupplungs-Istposition  $K_{\text{ISTPOS}}$  wird durch einen Sensor ermittelt, der die aktuelle Kupplungseinrückposition  $K_{\text{IST}}$  ermittelt. Dieser Sensor ist in der Fig. 8 in dem Block des Motors integriert, so daß der Wert  $K_{\text{ISTPOS}}$  (309) am Ausgang des Motorblocks 305 anliegt und an den Lagerregler und die Fehlererkennung 303 weitergegeben wird.

Der Lagerregler 302 erhält das Sollsignal und das Ist-Si-

gnal und bildet damit ein Steuersignal 308, mittels diesem der Motor angesteuert wird, um die Betätigung nach dem Sollwert durchzuführen. Der Motor betätigt die Kupplung, was durch den Pfeil 309 angedeutet ist. Der Lagerregler gibt beispielsweise ein PWM-Signal zur Steuerung des Motors aus. Weiterhin kann der Lagerregler eine Richtung der Betätigung ausgeben, damit die richtige Betätigungsrichtung gesteuert wird.

Das Steuersignal 308 wird ebenfalls über das Signal 308a an die Fehlererkennung 303 weiter geleitet. Die Fehlererkennung vergleicht beispielsweise Sollwert mit Istwert und ermittelt einen Fehler. Das Fehlersignal 310 wird sowohl an die Steuereinheit als auch an den Fehlerspeicher 304 weitergeleitet und dort nicht flüchtig gespeichert. Die Kupplungssteuerung kann anhand des Vorliegens des Fehlersignals eine Notlaufstrategie ansteuern. Das Speichern in einem nichtflüchtigen Speicher hat den Vorteil, daß bei einem späteren Auslesen des Fehlerspeichers erkannt werden kann, welcher Fehler beispielsweise wann (falls der Zeitpunkt des Vorliegens des Fehlers mit abgespeichert wird) aufgetreten ist.

Als Beispiel sei erwähnt, daß trotz Bestromung des Aktors bei Erreichen eines festen Anschlages Sollwert und Istwert nicht übereinstimmen, da aufgrund des Anschlages der Istwert unverändert ist und eine Differenz zum Sollwert aufrecht erhält.

Im folgenden werden Beispiele von Fehlfunktionen erläutert, die in einfacher Weise mittels Auswertung der genannten Meßsignale und Vergleich der Signale mit Sollwerten anhand von im Programmsspeicher 56 abgelegten Algorithmen ermittelt werden können:

1) Überlast bei abgeknickter Leitung 35 oder klemmenden Kolben 30 oder 38 oder ähnliches

Bei den vorgenannten Fehlern muß der Elektromotor 20 eine große Kraft aufbringen, um die geforderte Verschiebung des Kolbens 30 zu erreichen. Die Pulsweite des PWM-Signals wird dadurch sehr groß, ohne daß der Elektromotor 20 auf seine übliche Drehzahl kommt. Die Auslegung des Aktors 18 ist derart, daß er normalerweise etwa die dreifache Kraft, als zur Kupplungsbetätigung erforderlich, entwickelt. Wenn die Pulsweite permanent einen Schwellwert von beispielsweise 66% überschreitet und die Drehzahl des Elektromotors 20 dabei permanent unter einem Schwellwert von beispielsweise 33% der möglichen Geschwindigkeit liegt, deutet dies auf eine erheblich über dem Normalfall liegende Belastung, die als Fehleranzeige gewertet wird, welche von einer mit dem Steuergerät 52 verbundenen Anzeigeeinheit, die in der Schalttafel des Fahrzeugs sein kann, oder in einem an das Steuergerät 52 anschließbaren, nicht dargestellten Diagnosegerät enthalten sein kann, angezeigt.

Neben einem Erreichen eines Schwellenwertes kann auch eine Abweichung einer Größe von einem zuvor abgespeicherten Referenzverlauf detektiert werden und als signifikante Abweichungen gespeichert werden.

Es versteht sich, daß sehr tiefe Außentemperaturen wegen der hohen Viskosität des Hydraulikfluids zu erhöhten Stellkräften führen können, so daß dieser Fall für die Diagnose vorteilhafter Weise ausgeschlossen wird.

Folgefehler der oben genannten Fehlfunktionen sind beispielsweise eine zu hohe Stelltemperatur, Fehler in der Zuordnung der Stellung des Kolbens 30 zur Stellung des Betätigungsgliedes 42 (infolge von Undichtigkeiten) sowie eine Abschaltung des Elektromotors 20 aufgrund von Überlastung.

## 2) Schwergängiges Getriebe innerhalb des Aktors 18

Auch in diesem Fall wird der Elektromotor 20 im Betrieb überdurchschnittlich stark belastet. Der Fehler kann im Fall einer Werkstattdiagnose dadurch ermittelt werden, daß bei abgeklemmter Kolbenstange 28 beim Zurückfahren der Schubstange 26 gegen die Kraft der Kompensationsfeder 45 sich ein über einem Sollwert liegendes PWM-Signal ergibt. Auch diese Fehlfunktion kann im Normalbetrieb zu einer erhöhten Temperatur des Elektromotors 20 und somit zu einer Warnanzeige oder sogar zu einer automatischen Abschaltung des Elektromotors 20 führen.

## 3) Kupplungsanschlag

Wenn die Kupplung zu früh, d. h. bei zu kleiner Verschiebung des Kolbens 30 nach rechts gegen ihren voll geöffneten Anschlag fährt, so deutet dies ebenfalls auf eine Fehlfunktion hin, beispielsweise dadurch, daß sich das Hydraulikvolumen zwischen den Kolben 30 und 38 durch Nachsaugen oder zu hohe Temperatur oder aber aufgrund einer zu langen Schnüffelpause vergrößert hat. Die Pulsweite des PWM-Signals kann in diesem Fall vor Erreichen einer Sollstellung (durch Auswerten des Signals des Sensors 34 ermittelt) ungewöhnlich stark zunehmen, was im Steuergerät 52 erkannt wird und zu einer entsprechenden Anzeige führt.

Zusätzlich kann als Indikator für das Erreichen des Anschlags gewertet werden, daß die Kupplung 44 bei am Anschlag anstehenden Tellerfederungen kein oder nur sehr wenig Moment überträgt. Der Fall Kupplungsanschlag und schlecht trennende Kupplung kann bei sehr starkem Energieeintrag in die Kupplung und infolgedessen in Anschlagrichtung wandernden Tellerfederungen auftreten.

## 3a) Kupplungsanschlag

Eine andere Möglichkeit, einen fehlerhaften Kupplungsanschlag zu diagnostizieren, ist folgende:

Wenn eine Sollkupplungsposition (beispielsweise durch eine Vorgabe eines Sollweges am Sensor oder der Impulszahl des Sensors 34) nicht erreicht werden kann und die Kupplung vorher gegen einen Anschlag fährt, wird bei hoher Pulsweite und bei einem Stillstand oder einer langsame Bewegung, die mittels eines Sensors 34 ermittelt wird, nach einer vorbestimmten Zeitdauer ein Warnsignal erzeugt, um Maßnahmen durch die Steuerung ergreifen zu können. Nach Ablauf einer weiteren vorbestimmten Zeitdauer wird der Elektromotor 20 zum Schutz vor Überlastung abgeschaltet.

## 3b) Anschlagerkennung im Fahrbetrieb

Bei bestimmten Kupplungskonstruktionen, insbesondere selbstanststellenden Kupplungen, verschiebt sich die Anschlagposition entsprechend dem Belagverschleiß. Wenn der Sollwert der Anschlagposition nicht entsprechend korrigiert wird, führt dies zu einer Fehlfunktion, da der Sollanschlag nicht angefahren werden kann, sondern die Kupplung vorher auf Anschlag fährt. Dieser Anschlag wird dadurch erkannt, daß der Elektromotor 20 trotz großer Pulsweite des PWM-Signals nicht mehr dreht. Hält dieser Zustand über eine vorbestimmte Zeitdauer an, so kann ein Warnungsbit gesetzt werden (Aktor kann den Sollweg nicht einregeln). Zusätzlich oder anstelle des Warnungsbits kann die Sollwertvorgabe für den Anschlag bzw. die voll geöffnete Kupplungsstellung auf die aktuelle Systemstellung gesetzt werden. Dies wirkt einer Abschaltung des Elektromotors 20 wegen Überlastung entgegen, da durch Aktualisierung bzw. Adaption des Sollwertes der Istwert den Sollwert erreicht,

was zur Abschaltung des Elektromotors 20 wegen Erreichen der Sollstellung führt.

Bei Wartungsarbeiten kann die Sollstellungsadaption in ein Testgerät oder Diagnosegerät eingelesen werden und steht zur Überprüfen der Kupplung zur Verfügung. Dabei kann somit eine Anschlagerkennung in einem Testmodus durchgeführt werden. Der Testmodus kann durch eine spezielle Schaltung des Steuergerätes aktiviert werden und dient nicht der normalen Steuerung des automatisierten

10 Kupplung im Fahrbetrieb des Fahrzeugs.

Für Diagnosezwecke kann im Steuergerät 22 mit Hilfe eines Testgerätes ein Programmteil aktiviert werden, der den Sollweg des Kolbens 30 des Geberzylinders 32 von der Position "Kupplung offen" aus weiter verfährt (die Kupplung noch weiter öffnet). Sobald die Überlastwarnung kommt, wird von diesem Programmteil der erreichte Ist-Weg gespeichert und der Sollweg zurückgenommen, so daß keine Überlastungsgefahr mehr besteht. Der so ermittelte Ist-Weg oder eine daraus abgeleitete Größe (z. B. das Ergebnis eines Vergleichs mit einer Schwelle oder einer Anweisung zum Kupplungstausch) wird von dem Programmteil an das Test- oder Diagnosegerät ausgegeben.

## 4) Gebrochene Kompensationsfeder 49

Diese Fehlfunktion ist durch eine ungewöhnlich hohe Belastung des Elektromotors 20 beim Öffnen der Kupplung (Bewegen des Kolbens 30 nach rechts) oder durch eine ungewöhnlich geringe Belastung des Elektromotors 20 beim Zurückfahren in den geschlossenen Zustand der Kupplung erkennbar. Ein Folgefehler ist auch hier, daß die Temperatur des Elektromotors 20 im Betrieb zu groß werden kann, was zu einer automatischen Abschaltung des Elektromotors 20 führen kann.

35 Die genannten Fehlfunktionen können durch entsprechende, im Programmspeicher 56 des Steuergerätes 52 abgelegte Programme bzw. Algorithmen an Bord ermittelt werden oder im Rahmen einer Werkstattdiagnose mittels eines an das Steuergerät 52 angeschlossenen Diagnosegerätes.

## 5) Diagnose von Fehlfunktionen mittels Mittelwertsignalen

Durch eine Mittelwertbildung von Signalen des Stroms kann prinzipiell ein kontinuierliches Kraftsignal abgeleitet werden. Der Mittelwert des Stroms kann entweder im Steuergerät gemessen werden oder aus dem Pulswidthverhältnis der Bestromungsschaltung, der aktuellen Spannung der Batterie 78 und dem Widerstand R des Elektromotors 20, der eine bekannte Funktion von dessen Temperatur ist, abgeleitet oder berechnet werden. Mit dem kontinuierlichen Signal kann der Kupplungsanschlag und die Weg-Kraft-Kennlinie der Kupplung vermessen werden und mit einer Sollweg-Kraftkennlinie verglichen werden. Die Diagnosemöglichkeiten erweitern sich dadurch auf folgende beispielhafte Situation oder Abweichungen der Soll- von der Ist-Kennlinie:

- Anschlag bei Hub: Kupplung verschlissen oder defekt
- Anschlag unter Hub: Hydraulikstrecke blockiert
- zu wenig Druck: Strecke mit Luft, d. h. Kupplung öffnet nicht
- kein Druck: Bauteilbruch, Strecke mit Leck, keine/defekte Kupplung
- viel Druck: falsche Kupplung, keine Selbstanststellung.

Die Erfindung ist nicht auf die Verwendung von pulswei-

tenmodulierten Elektromotoren im Aktor beschränkt. Sie ist, wo es nicht unmittelbar auf die Messung der Pulsweite ankommt, auch für andere Arten der Ansteuerung von Elektromotoren oder hydraulischer Aktoren verwendbar.

Bei einem Verfahren zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels einer Elektromotors betätigten Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, wobei der Elektromotor mittels eines PWM-Signals gesteuert wird, wird die Pulsweite des PWM-Signals gemessen und die Stellung und/oder die Geschwindigkeit eines vom Elektromotor betätigten Bauteils bestimmt. Die gemessene Pulsweite und/oder die Stellung und/oder Geschwindigkeit des Bauteils wird mit Sollwerten verglichen. Bei einer vorbestimmte Werte übersteigende Abweichung zwischen den Sollwerten und den Meßwerten wird ein Fehlersignal erzeugt. Bei einem weiteren Verfahren wird die Zeitdauer gemessen, die ein Aktor zur Betätigung der Kupplung zum Bewegen eines Bauteils in eine Sollposition benötigt und es wird ein Fehlersignal erzeugt, wenn diese Zeitdauer einen vorbestimmten Wert übersteigt. Bei einem weiteren Verfahren wird die Position des bewegten Bauteils laufend erfaßt und eine von der Sollposition abweichende Endposition als neue Sollposition festgelegt, wenn die Endposition länger als eine vorbestimmte Zeitdauer beibehalten wird.

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erziehung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbare Merkmale zu beanspruchen.

In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erziehung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Die Gegenstände dieser Unteransprüche bilden jedoch auch selbständige Erfindungen, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

Die Erfindung ist auch nicht auf die Ausführungsbeispiele der Beschreibung beschränkt. Vielmehr sind im Rahmen der Erfindung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen und/oder Materialien, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung und Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten erforderlich sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

#### Patentansprüche

55

1. Verfahren zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels eines Antriebs betätigten Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, wobei der Antrieb mittels eines Steuersignals gesteuert wird, bei welchem Verfahren die Pulsweite des Steuersignals ermittelt oder gemessen wird, die Stellung und/oder die Geschwindigkeit eines vom Antrieb betätigten Bauteils bestimmt wird.

2. Verfahren zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels eines Antriebs betätigten Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, wobei der Antrieb mittels eines Steuersignals gesteuert wird, bei

5 10

welchem Verfahren eine Größe, wie die Pulsweite, des Steuersignals ermittelt oder gemessen wird, die Stellung und/oder die Geschwindigkeit eines vom Antrieb betätigten Bauteils bestimmt wird, die gemessene Größe, wie die Pulsweite, und/oder die Stellung und/oder Geschwindigkeit des Bauteils mit Sollwerten verglichen wird und bei einer vorbestimmten Werte übersteigenden Abweichung zwischen den Sollwerten und den Meßwerten ein Fehlersignal erzeugt wird.

3. Verfahren zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels eines Elektromotors betätigten Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, wobei der Elektromotor mittels eines PWM-Signals gesteuert wird, bei welchem Verfahren die Pulsweite des PWM-Signals gemessen wird, die Stellung und/oder die Geschwindigkeit eines vom Elektromotor betätigten Bauteils bestimmt wird, die gemessene Pulsweite und/oder die Stellung und/oder Geschwindigkeit des Bauteils mit Sollwerten verglichen wird und bei einer vorbestimmten Werte übersteigenden Abweichung zwischen den Sollwerten und den Meßwerten ein Fehlersignal erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Sollstellung des Bauteils unter Regelung des PWM-Signals angefahren wird, die Pulsweite des PWM-Signals gemessen wird und mit einem Sollwert verglichen wird und bei Überschreiten einer vorbestimmten Abweichung ein Fehlersignal erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abweichung der Betrag der Differenz zwischen Sollwert und Meßwert (Istwert) ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei eine vor Erreichen der Sollstellung erreichte Stellung, bei der die Pulsweite des PWM-Signals stark zunimmt, als neue Sollstellung festgelegt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zumindest der Sollwert des PWM-Signals von der Temperatur des Antriebs, wie Elektromotors, abhängt und die Temperatur mittels eines Sensors gemessen wird oder berechnet wird.

8. Verfahren zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels eines Aktors betätigten Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, wobei der Aktor derart geregelt wird, daß ein von ihm bewegtes Bauteil vorbestimmte Sollpositionen erreicht, bei welchem Verfahren die Zeitdauer gemessen wird, die der Aktor zum Bewegen des Bauteils in eine Sollposition benötigt und ein Fehlersignal erzeugt wird, wenn diese Zeitdauer einen vorbestimmten Wert übersteigt.

9. Verfahren zum Erkennen von Fehlfunktionen einer mittels eines Aktors betätigten Kupplung, insbesondere im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, wobei der Aktor derart geregelt wird, daß ein von ihm bewegtes Bauteil eine vorbestimmte Sollposition erreicht, bei welchem Verfahren die Position des bewegten Bauteils laufend erfaßt wird und eine von der Sollposition abweichende Endposition als neue Sollposition festgelegt wird, wenn diese Endposition länger als eine vorbestimmte Zeitdauer beibehalten wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Spannung der Spannungsquelle für den Elektromotor bzw. Aktor gemessen wird und bei der Berechnung von spannungsbeeinflußten Größen berücksichtigt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als ermitteltes Steuersignal ein von einer Steuereinheit bestimmtes

oder vorgegebenes Soll-Steuersignal ist.

12. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, sowie 5 oder 6, enthaltend eine Kupplung, einen Aktor zur Betätigung der Kupplung, wenigstens einen Sensor zum Erfassen der Stellung eines von dem Aktor betätigten Bauteils, ein Steuengerät mit einem Mikroprozessor (54) und einer Speichereinrichtung, welches den Aktor entsprechend in der Speichereinrichtung abgelegten Programmen steuert und bei Abweichung der Sensorsignale und/ oder der dem Aktor zugeführten Leistung von Sollwerten ein Fehlersignal erzeugt.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

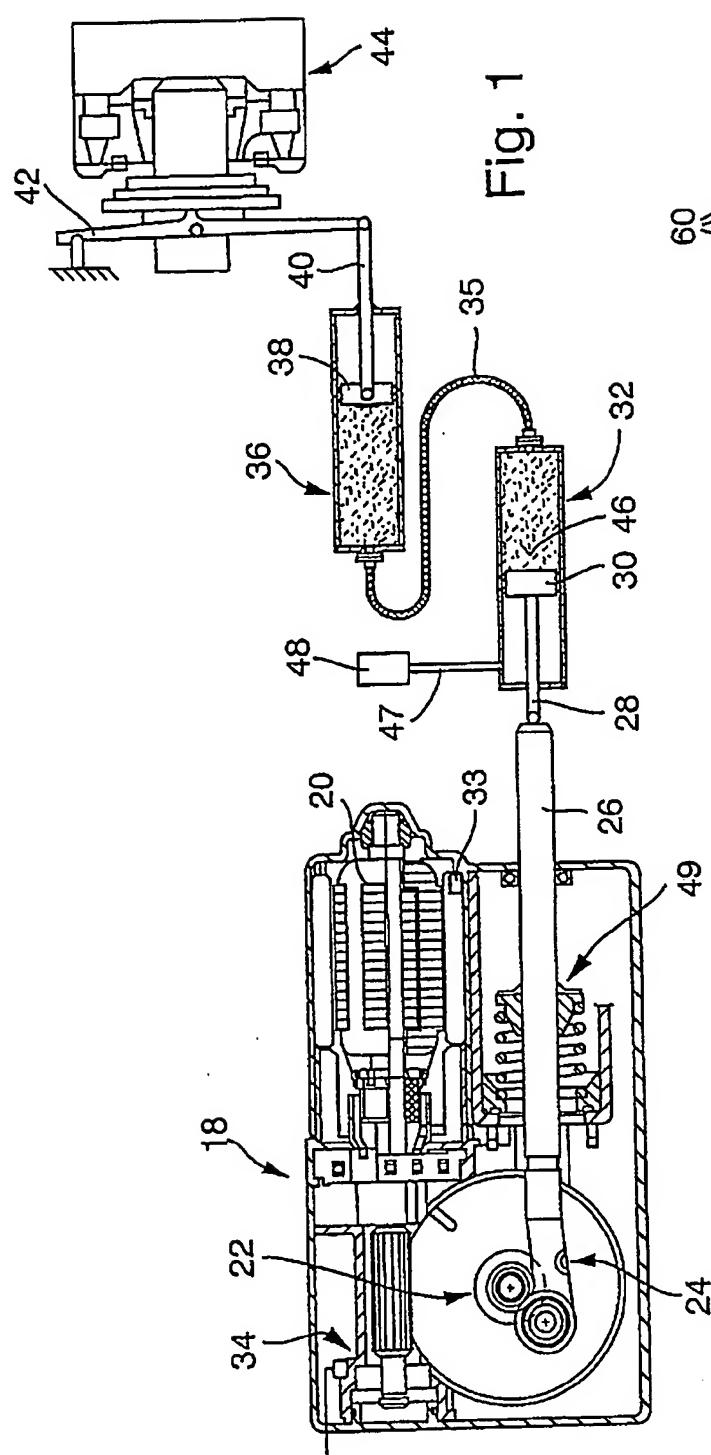


Fig. 1

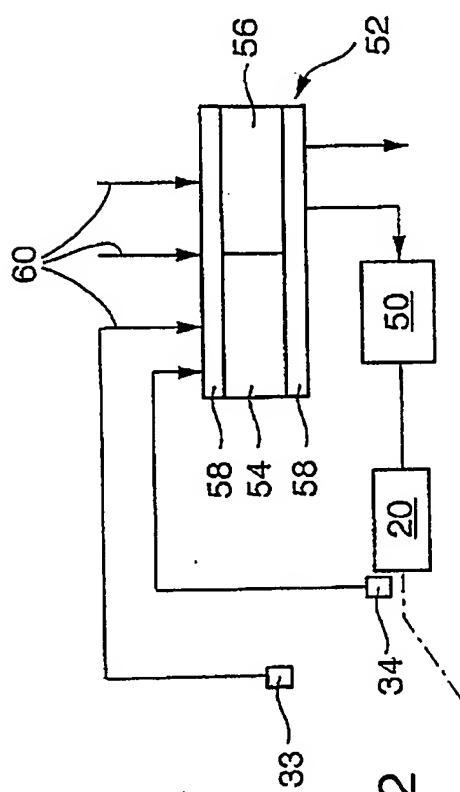


Fig. 2

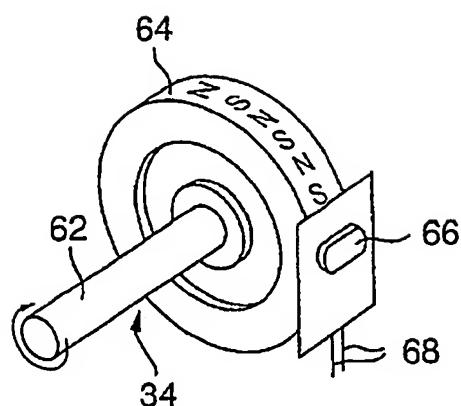


Fig. 3

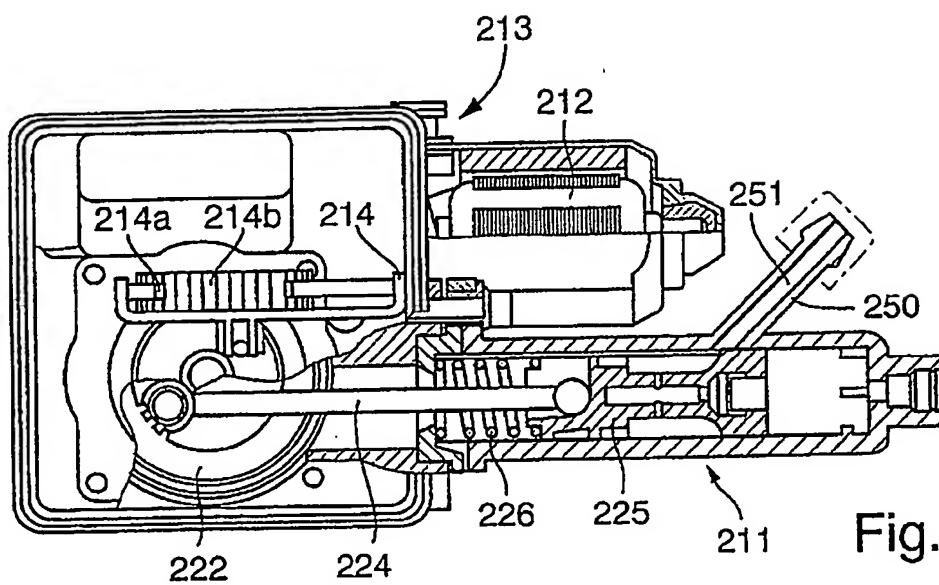


Fig. 3a

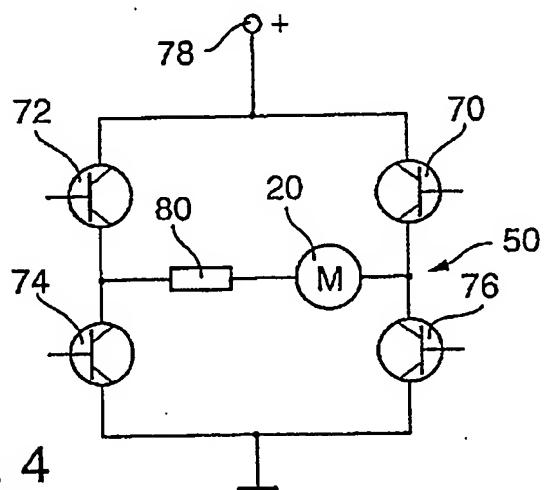


Fig. 4

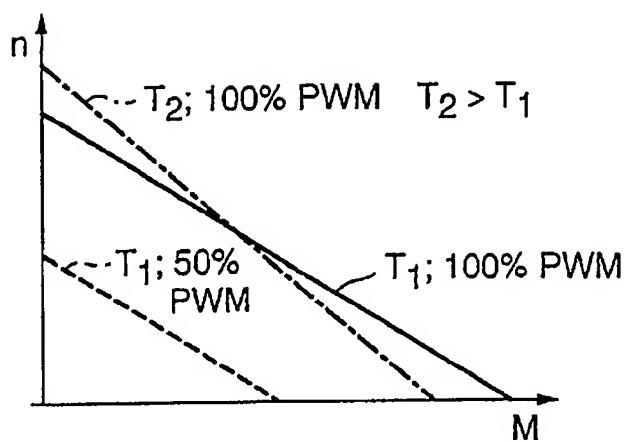


Fig. 5

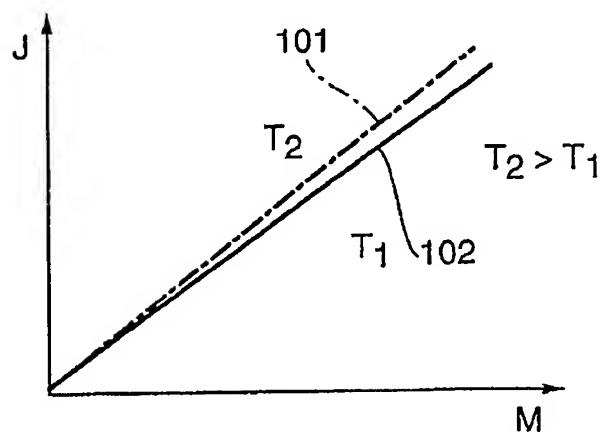


Fig. 6

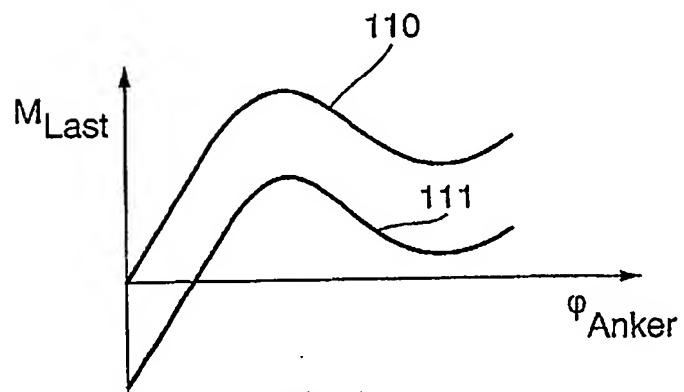


Fig. 7

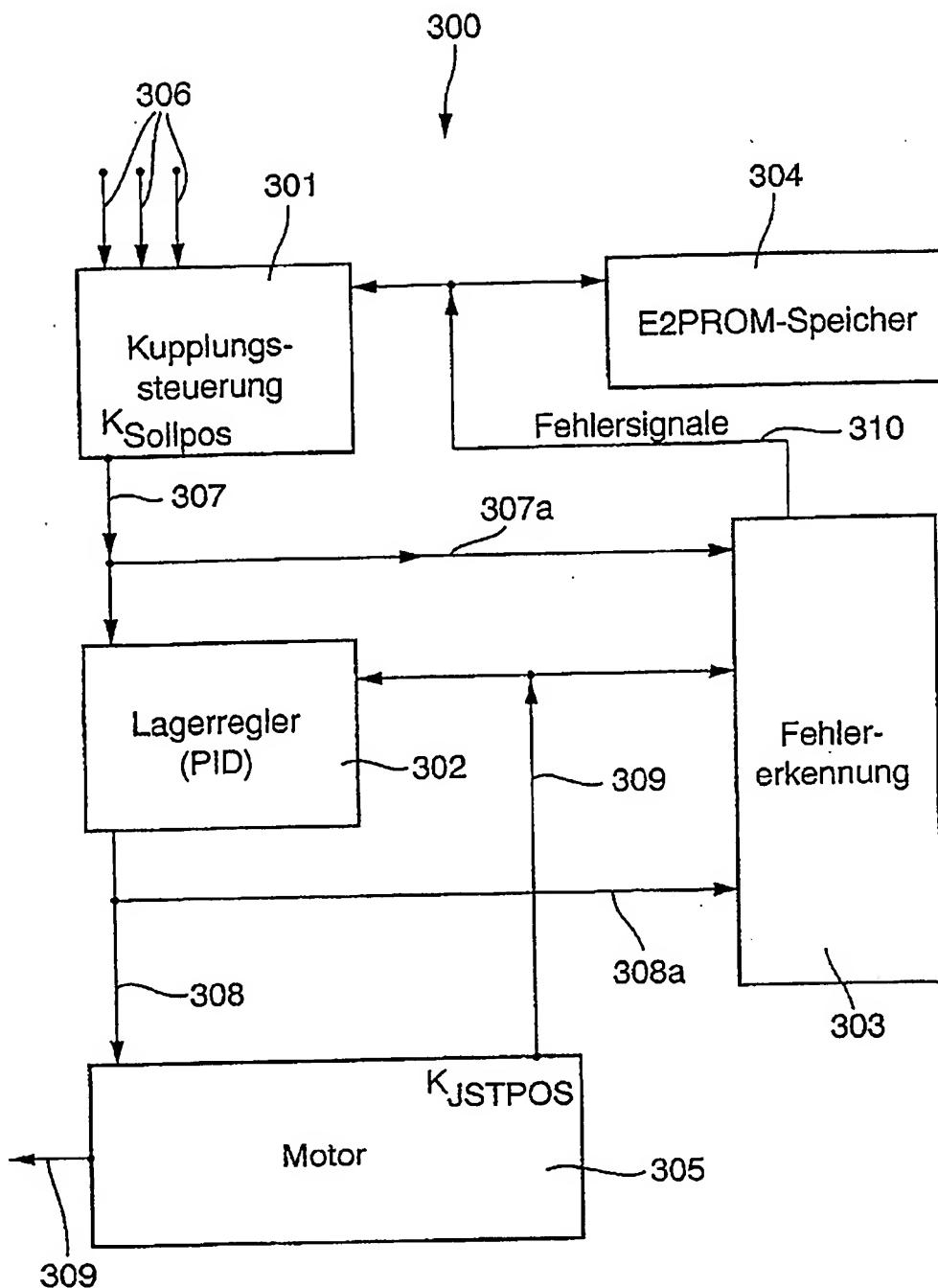


Fig. 8